



TITLE:

進化経済学と複雑系 ー異質性の 処理と巨視的ミクロ経済理論の可 可能性ー

AUTHOR(S):

有賀, 裕二

CITATION:

有賀, 裕二. 進化経済学と複雑系 ー異質性の処理と巨視的ミクロ経済理論の可能性ー. 経済論叢 1999, 164(5): 74-99

ISSUE DATE:

1999-11

URL:

<https://doi.org/10.14989/45313>

RIGHT:

經濟論叢

第164卷 第5号

瀬地山 敏教授記念號

献 辞	西 村 周 三	
ミクロ・マクロ・ループについて	塩 沢 由 典	1
進化経済学と複雑系	有 賀 裕 二	74
戦 略 の 進 化	高 増 明	100
不確実性下の意思決定理論	竹 治 康 公	121
非平衡非線形経済システム試論	吉 田 和 男	145
H. J. ダヴェンポートの貨幣的マクロ経済理論	小 島 専 孝	162

瀬地山 敏 教授 略歴・著作目録

平成11年11月

京 都 大 学 経 済 学 会

進化経済学と複雑系*

——異質性の処理と巨視的ミクロ経済理論の可能性——

"Economics consists of theoretical laws which nobody has verified and of empirical laws which nobody can explain."
(Kalecki cited from Steindl [1965] p. 18)

"Some economists see here an essential difference between the natural science and economics. It is argued that a physicist can hardly imagine how he would react if he were a molecule."
(Hildenbrand [1994] p. 13)

有 賀 裕 二

I 多様性の取扱いと複雑系

日本でも1997年3月28, 29日進化経済学会（Japan Association for Evolutionary Economics）の設立大会が開催され瀬地山敏先生が会長に選出されたが、その一年前に作成された「設立呼びかけ文」には「複雑系」という用語はあったが「複雑系経済学」という用語はなかった。日本ではいち早く塩沢由典が独自に複雑系概念を経済学に導入していた。塩沢はまず「経済学の均衡理論」の徹底批判をつうじて『市場の秩序学』（塩沢 [1990]），『複雑さの帰結』（塩沢 [1997a]）に所収の諸論文で複雑系研究の地歩を固めた。しかし、複雑系がマスコミ的知名度を得るのはむしろサンタフェ研究所¹⁾の宣伝によるところが大きい。科学革命という脈絡でいえば、グリックの『カオス』（Gleick [1987]，邦訳1991年）がまだ記憶に新しいが、1996年にはワールドロップ Waldrop [1992] の邦訳が日本でもベストセラーになる。その直後1997年には

* 本稿は1998年6月12日開催の応用経済時系列研究会（文部省統計数理研究所），7月10日開催の第4回関西情報関連学会連合大会（大阪大学コンベンションセンター）の報告に基づいている。

1) Anderson, Arrow and Pines [1988] および Arthur, Durlauf and Lane [1997]。

塩沢 [1997b] のほか日本の著者たちによる『複雑系の経済学』、『複雑系のマネジメント』という本²⁾が続出し、進化経済学とともに複雑系経済学の名称が定着してきた。実際、複雑とみられる系は要素還元不可能であり進化していく。これが複雑系と進化のひとつの関係を表している。こういうわけで、複雑系が経済学でも普及することになったが、複雑系研究は進化経済学の流れのなかでもともと組み込まれていたものである。

ところで、ハーケン Haken, H. は「宇宙ロケットはこみいった *complicated* システムではあるが、複雑な *complex* システムではない」と語った。関係子概念の提唱者である生物物理学者・清水によれば、「複雑さとは、単純な因果律的思考の適応を拒絶するものである。システムに複雑性が出現するのは、それを構成する多種多様な機能的要素（関係子）が環境に応じてその性質を変える（非線形性）もっているためである。……しかも、関係子の内的構造は一定でなく、システム全体の歴史性を反映して発展的に自己組織されていく場合が多い。物理の言葉でいえば、関係子は一つの自己システムであり、その内部には平衡状態が存在しない。すなわち（非平衡）である。」（清水 [1992] 111-112ページ）。

複雑系の経済学のマスコミ的名声は、引用の前半部分についての反応である。複雑系を多くの要素からなるシステムで「その要素が互いに干渉し、何らかのパターンを形成したり、予想外の性質を示す」ということに照準を合わせる。非線形力学が明らかにしたように、パターン形成を予測することは大変難しい。「そのパターンが各要素そのものにフィードバックする」からである。アーサー Arthur, W. B. によれば、「規模にかんして収穫増」という非線形作用の力が働けば、そのフィードバックは経済システムを不安定にし予測し難くする。多くの要素と要素間の干渉という考えは「シナジー効果」という観点から分析することができる。シナジー効果ということであれば、サンタフェ研究所の専売ではない。パターン形成は雪の結晶やレーザー光線にかぎらない。経済

2) 同一の書名で異なる本を含むが週刊ダイヤモンド編集部編 [1997a], [1997b], [1998]。

現象にも類似のパターン形成を観察できれば同じ作用因があると推論できる。こうして、アーサーに言及するまでもなく、「シナジェティック経済学」も可能である。実際、非線形経済動学の一種だが『シナジェティック経済学』と名乗る本 Zhang [1991] も登場した。

上記清水の引用の後半部分について、経済学ですぐに解答できるような理論は少ない。実際、ルエールが指摘したように、「経済学の教科書は経済主体間の平衡状態で完全予見がなされるものに多くのページが割かれている。」(Ruelle [1991] p. 84, 太字は筆者による)。真の複雑系は、「質の多様性」を問題とする場合で、非線形力学のような手法が役立たない場合である。たとえば、液体の場合、マクロ変数である熱力学変数を導き、マクロ的記述をすることができ。しかし、このような統計平均操作による妥当な情報圧縮は、「特異な個性をもつ多くの要素からなるシステム」にたいしては有効でない。この種の多様性を分析するにはそれなりの哲学が必要である。「多種多様の個性をもつ要素が存在し、しかもそれらが特異な個性と協力を発揮しながらはたらくことによって、生命システムのなかには実に豊富な自由度が生まれる。その自由度の由来は、複雑な生物的要素（関係子）の自己創出性による。……複雑性と多様性を考慮にいれた生命の深い認識には、個と全体を分離してとりあつかうことが許されないことを示している。」(清水 [1992] 117ページ)。このために、清水は「関係子」概念を提案してきた。清水自身は、市場経済発展の分析はマーケットの創造性と安定性の分析と捉え、市場の創造的なふるまいはそれを構成する場所の関係子群の情報創出によっておきると考えた。(清水 [1992] 104ページ)。なお、上記の『複雑系の経済学』(週刊ダイヤモンド編集部他 [1997a]) という本のなかに佐藤修「複雑系の企業理論」という論文があり、これは清水の関係子概念の応用である。

ところで、清水の意味で市場経済を分析することは正しいと考えるが、以下本稿では、この問題を扱わず、「統計平均操作による妥当な情報圧縮」の方に関心をもつ。このような手法も、個人の合理性を依然としてミクロ的基礎に置

く伝統的経済学にたいしては、きわめて有効な批判となりうるからである。

複雑系と進化を扱う、既製の経済学理論に基づかない新しい経済理論は数多くあるように見受けられる。関係子分析のような深い哲学的視野をもつ理論を除いても、すでに触れた収穫逓増の経済学、経路依存性とロックイン効果の経済学、複数均衡と制度的視点などなど³⁾。私にはこれらの試みをサーベイする体力も知力もない。しかし、経済学の現状では、経済学の伝統的原理から離れて議論するかぎり、主流派経済学はそれを *ad hoc* な理論にすぎないと見なすだけである。経済学主流の理論は、需要と供給の均衡理論に基づいている。この理論の生命力はきわめて旺盛であり、これと無関係なところで、議論してもインパクトは少ないのではないか。私はこのような観点でひとつの新しい例題を取り出してみたい。

主流派経済学は徹底的に頑固に「個人の合理性」と「均衡（平衡状態）」に拘っていた。これまで、主流派にたいする反対として、個人合理性にたいしては限定合理性、均衡には不均衡、反均衡が対置されてきた。しかし、これらの対論はあまり方法論的革命を意味しなかったのではないか。ところが、私は最近、主流派経済学の方法論の変革に気づかざるを得ない例題を手に入れた。新しい例題は、ヒルデンプラント Hildenbrand, W. たちの提案する「巨視的ミクロ経済学 *Macroscopic Microeconomics*」である⁴⁾。彼らの仲間では90年代初頭にすでに公の議論に上っている。この理論は、個人需要関数の「集計問題」と言われる分野に属するが、明らかに個人の合理性からの集計として市場需要を導出する手続きを拒んでいる。根岸 [1980] のように、一時代前には「マクロ経済のミクロ的基礎」という課題が話題となったが、こちらの方は主として不均衡と限定合理性の議論であった。新しい試みでは、巨視的レベルの市場需要

3) 非線形経済動学、セルオートマタなども含む議論については Albin [1998] が面白い。ゲーム論と制度的視点については青木・奥野 [1996]。経路依存性については Magnusson and Ottosson [1997] がある。

4) Hildenbrand [1994], p. 74. Hildenbrand [1994] は体系的な著書である。特殊例題として Grandmont [1992] などがある。

関数は個人合理性とはまったく別個の仮説によって導出するのである。このとき、個人の同質性ではなく、個人がまさに所得階層、性別などで異質であることが、需要法則を導く根拠となる。ここでの異質性は、質の多様性を意味するものではなく「集団内部のバラツキ」というものにすぎない。しかし、興味あるのは、需要法則そのものを否定するのではなく別の原理で導出しようとしている点である。

ヒルデンプラントは、価格理論の基礎を与える古典的な「スルツキー方程式」にたいして、個人的合理性の観点からではなく巨視的観点から説明力を授けた。彼の方法は、巨視的レベルを問題とする上で、統計力学的手法と無関係ではありえない。この意味で、ヒルデンプラントの試みは、伝統的議論を捨てないで、経済学をどうやって進化と複雑系という器に入れるべきかという例題になっているように思われる。

II 進化経済学の登場

ネルソン Nelson [1997] によれば、現段階では、進化経済学は、進化ゲーム理論、非線形経済動学、変異-淘汰モデル分析の経済学のゆるい連合体である。ネルソンは、進化ゲームは均衡理論に拘っている点で、非線形経済動学は扱うモデルがあまりにも抽象的であるという点で、これら前二者を批判する。ネルソンは、これらにたいして変異-淘汰モデル分析の経済学が進化経済学に相応しいと考えている。自然科学の複雑系との関係でいえば、非線形経済動学が一番繋がりが深いと考えられる。たとえば、「複雑系のカオス的シナリオ」⁵⁾などというとき、非線形経済動学をイメージするのが一番わかりやすいかもしれない。この場合、「モデルの解」の軌跡の複雑さや、分岐の方向が問題となるだけである。しかし、進化経済学の歴史からいうと、進化はこのような問題だけに限定されるのではない。

カオスモデルの特徴は、まず低次元の系で、非線形の差分方程式化できるよ

5) たとえば金子・津田 [1996] を参照せよ。

うな環境で容易に創出される。どんな種類のカオス経済モデルも、まず非線形項を含む差分方程式をもち、ロジスティックマップやテントマップやらのカオス写像が成り立つ「規則」を見出さねばならない。この規則が基調となる経済理論で根拠づけられるなら、つねにカオスの経済モデルができる。したがって、動学体系をもつなら、どんな理論でもカオス理論と *compatible* な可能性がある⁶⁾。カオスのシナリオは重要であるが、その前に、経済理論自身を再検討する必要がある。

また、自然淘汰の社会理論への適用であるが、この試みは19世紀以来のものである。ケインズ Keynes, J. M. によれば、スペンサー流の理論とラマルク型進化理論の融合の代物である。現在では、スペンサー流の功利主義は存続しているが、ラマルク型理論はむしろ「利己的遺伝子理論」に取って代わった。進化ゲーム理論はある場合には「種」の利己的遺伝子仮説に依拠しているであろう。なお、有賀 [1998] は、ラマルク型理論と経済理論との類似性がケインズ「自由放任の終焉」で見事に指摘されていることを明らかにした。

Elster [1989] や Witt [1997] にしたがって社会進化論にたいする批判を拾ってみると、つぎのような主張になる。人間行動はつねに手近な問題に対して創造力を発揮するが、この創造力の進化論的基礎はまだ解明されていない。創造力という「問題解決のための広範な能力」を無視した社会進化論は十分な説得力に欠けるであろう。この論法だと、社会進化論を人間行動の理論を説明する理論で補完しなくてはならない。すぐあとで触れることだが、実際、ネルソンたちも、進化経済学を伝統的経済学への補完とみなす場合がある。なお、この観点からのすぐれた提案は村上の「文化子」である。これから「進化の学としての経済学」という構想が生まれる。

「人間は環境に含まれるリスクを乗り越えて、遺伝子と文化子を保存し複製し、拡散させるかのように行動する。……人間の社会は、集権化したり分権化

6) 合原 [1994] などを参照せよ。

したりするというよりも、特定の文化子（たとえば組織を考えてもいい）が大域化したり局所化したりしているとみることができる。競争・淘汰はあるには違いないが、それよりも、結果として特定の文化子（たとえば技術を考えてもいい）が生き残り、拡散していく軌跡とみることができる。」（村上 [1994] 124ページ）。

さて、進化経済学という名称は1980年代になってから知名度を得るようになった。ネルソン&ウィンターによる生産過程の変化や技術革新の詳細な実証的研究 Nelson and Winter [1982] から急激に普及することになった。むしろ、注意すべき点は、淘汰・変異の分析を行なう進化経済学とは「自然淘汰」と「市場淘汰」を同一視する粗野な見方（フリードマン Freedman, M. やマハループ Machlup, F. などの見方）を批判する経済学である。ウィンター Winter, S. がこの種の粗野な見方に疑問を投じることを起源としており、進化経済学は経済学という特定の領域で進化を研究する学問である。ネルソン Nelson, R. は経済学の定型的な仮説の虜にならず実証的観点を優先させることのできる理論を *appreciative theory* と呼んだ。ホジソン Hodgson [1998] が作成した表から、英語経済学文献に登場した「進化」というタイトルの数と Nelson and Winter [1982] の著書の引用数によって進化経済学の80年代の興隆を垣間みることができるであろう。ネルソンは、進化経済学会の設立大会招待講演で「進化経済学は経済学の流れの一つとなった」と言明した⁷⁾。

ダーウィン Darwin, C. R. は経済学者マルサス Malthus, T. R. 『人口論』から影響を受けて進化論を構想した。第Ⅲ節で経済物理学との関連で触れるが、マンデルブローが注目したのは経済学者バレートの仕事であった。しかし、私ばかりでなく経済学者たちの多くは1980年代に時折ゲーム理論が生物学に影響を与えてきたということを聞いたとき、ちょっと驚いた。経済学者たち自身、自分の言っていることが本当だと信じている人は少なかったからである。生物

7) Hodgson [1998], pp. 42-43 の図 Figures 1-3 を参照せよ。

学者たちの意図は別として、むしろ、これからの展開、つまり、進化生物学が経済学に影響を与える段階がわれわれの当面の問題である。

進化論というと、私たち素人でも「自然淘汰」と「突然変異」を思い浮かべる。もっともこれらの概念を経済現象に適用するには困難がある。Witt [1997] が指摘するように、経済システムのなかに「遺伝子プール」のような対応物を見出すのは難しく、連続的な突然変異を想定することは難しい。したがって、自然淘汰の理論を社会淘汰の理論として利用することはもともと困難がある。とくに現代経済のように急速な構造変動を伴う経済過程に社会淘汰の理論は不向きである。しかし、経済進化は比喩として利用する価値がある。

企業行動や技術変化の理論に進化の比喩がいち早く用いられたのには訳がある。要約して言えば、企業は定型的行動を採用しながら、生物の種の如く、集団的にあたかも最適な適応を果たすからである。シカゴ大学の哲学者エルスター Elster, Y. はこの点にかんしてきわめて簡潔に要約しているので、引用しよう。

「企業というのは、一方において、環境に対して調整をおこない最適に適応しているように見える。他方で、企業行動を子細に検討すると、企業が利益を最大化するように意識的に試みているという証拠はほとんどない。企業が行なっているのは、むしろ、間に合わせの大ざっぱな指針、つまり、過去に偶然に行なったことを踏襲したものや企業内部における交渉過程の結果を用いているのである。この二つの知見は、経済競争を淘汰過程だと考えれば整合的に解釈できる。有機体が遺伝子によって特性づけられるのと同じように、企業は一群の定型的手順によって特性づけられる。利潤を最大化する定型をたまたま用いた企業は、他の企業よりも業績が良くなる。その結果、乗っ取りや模倣によって、その定型は業界に広まる。」(Elster [1989] p. 79, 邦訳95ページ)。

要するに、最適行動を説明する比喩として進化生物学を利用することができる。日本でも西山 [1985] の先駆的業績がある。技術革新の伝播研究も、企業

の技術をひとつの定型とみなすことによって、同じような推論が可能である。いずれの場合も、最適化行動の主観的意図を問う必要がない。

ところで、ネルソン&ウィンターは生産過程の変化と技術革新の研究に強く関わった。彼らの理論においては、伝統的経済学の仮説が事実と矛盾することを注意深く指摘し、そこに制度的考察なども含めて説明力を与えることを目指している。主流派生産関数理論の予測するような個々の企業の最適化行動が実際にはありえないことは、技術進歩の経験的な研究者には随分昔から知れ渡っていた。ソロー Solow, R. M. のように投入要素の限界貢献で測定できない残余をすべて技術進歩に帰するなどということは到底できる相談ではない。制度、文化、履歴があって技術進歩、革新が起きるので、まさに各種フィードバックを伴う複雑系として考察すべきものである。しかし、ネルソンは、通常、主流派理論の妥当性が問題になるのは、変異の説明のときであると考えた。主流派が好んで利用したマクロ生産関数には国家や政策の役割など制度的枠組は内生化されておらず、結果を評価するとき、これらの制度は主たる貢献者とみなされない。マクロ生産関数によって変異の説明をうまくできない。ネルソンの進化経済学は、ある場合には、伝統的経済学の理論の補完的位置を与えるものとみなすことができる⁸⁾。しかしながら、ネルソン&ウィンターの研究でもっとも重要なことは、企業は新技術に適應するにしてもけっして社会は最適な技術選択をしていないということである。つまり、資本主義のエンジンは進化論的であるが、自然淘汰はけっして「効率的」なのではなく「浪費」の過程であるという認識である。これは「自然淘汰=効率」という考え方とはっきりと異なっている。ネルソンはシュンペーター Schumpeter, J. A. 自身の技術革新の理論がわずか数頁のものでこの点で不備であったと述べている。

ある理論がある時代の歴史的枠組のそれなりに正しい再構成であっても、その理論が旺盛なため歴史が急速に変化した後にも、歴史を無視して生き残る場合がある。そうなってくると、理論家は現実にたいして「鑑賞力」をもとうと

8) Nelson [1996] 序論および第1章参照。

しなくなり、現実を理論の方に無理矢理合わせようとする。こうした研究態度は冒頭に掲げたカレッキ Kalecki, M. の引用に見られるような「経済学の態度」として定着していたのではないか。もちろん、このような経済学の姿勢にたいしては従来、ポストケインズ派、ラディカルエコノミックスなど非主流派の経済学者よりいくつかの批判がなされてきた。しかし、企業行動や技術革新の理論研究は、進化経済学の枠組に収まることによって、たしかに経済学のひとつの潮流となった。

III 異質性の処理と秩序形成

すでに第I節で、清水にしたがい、複雑系には「質の多様性」を問題とする場合、統計平均操作による妥当な情報圧縮によって、有効な情報を引き出すことができないということを指摘した。私は、既製経済学が個人の合理性に基づいてマクロ法則を導出できると考えていることに問題を感じている。個人の合理性に基づかないで、マクロ法則を導出できるか否かが、既製経済学の方法論を転換する出発点となると思われたからである。このような場合、依然として、統計力学的手法は効力を発揮するであろう。

エルスターは、同じ結果をもたらすメカニズムがいくつか存在するから、法則よりも、メカニズムを用いることを好むと述べ、彼が法則を嫌う理由は、法則は定義からして「もし条件 p が成り立つなら、ときどき q が成り立つ」ことを認めないからであると述べた (Elster [1989] p. 10, 邦訳10ページ)。この言説は奇妙である。“it holds almost everywhere” という定理はよく見かけるが、これとは異なる。もっとも彼は、結論 q に至るメカニズムが複数ある場合を強調したかった。 q が複数あるということは最近のゲーム理論の重要問題であるが、「複数均衡」は *focal point* の理論などによって主観的に解こうというのが現在の流行である⁹⁾。

9) なお、同じ結果をもたらす別のメカニズムの存在は、経済学に古くからある主題のひとつである。ゲーム論の「囚人のディレンマ」はいまではナッシュ支配戦略均衡のメカニズムが有名だが

カタストロフィー理論

ところで、一時代前、カタストロフィー理論が登場したときは、解法は主観的な立場から構想されなかった。カタストロフィー理論はポアンカレの接続法と特異点の理論を結び付け、微分同相写像を利用して曲面をそれぞれの形態に応じて分類したものだが、経済学への応用例として景気崩壊の説明のほか、交換経済における超過需要関数の「複数均衡間の移動」を説明するのに応用された。これは、パラメータを物理的変数とみなすことができる場合で、*focal point* の理論¹⁰⁾と違って、主観の問題を扱う議論ではない。

交換均衡は経済の財すべてで超過需要 z がゼロになるような価格 p のときに生じる。

$$z(p)=0$$

ここでさらに適当なパラメータ $\omega \in \Omega$ を導入して、 $z(p)$ が ω に依存するものと見なす。このとき、均衡は

$$z(p, \omega)=0$$

たとえば、 ω を交換主体が保有する初期賦存量 (initial endowments) と考えればよい。この場合の解の集合は

$$E=\{(p, \omega) \in P \times \Omega \mid z(p, \omega)=0\}$$

である。財の数を m 、消費者数を n 、パラメータ空間を Ω とする。財のうちひとつをニューメーラールとして選べば、価格空間 P は $m-1$ 次元の非負空間 R^{m-1} である。

特異点はひとつの p にたいして複数の ω が対応するようなときである。均衡方程式 $z(p, \omega)=0$ が複数根をもつ ω からなる集合 Σ はルベーグ測度 0 で閉じており、一方、 ω がパレート最適集合を含む連結成分であるなら、均衡

が、昔はミニマクス戦略のメカニズムが好んで用いられた。また、市場均衡にも、はじめから多数の経済主体の存在を仮定するワルラス型市場均衡メカニズムにたいして、エッジワース型 2 人 2 財経済の一般化として市場均衡を構想するメカニズムが考えられる。たとえば有賀 [1996] 第 10 章、第 4 章を参照。

10) たとえば青木・奥野 [1996] 参照。

は一意的である。これより、取引ベクトルが大きいとき、経済は複数均衡をもつ傾向があり、 ω の変化が均衡価格と資源配分にカタストロフィーを引き起こす可能性がある。こうした問題は、交換経済で均衡がつねに十分可能であるのかという疑問も提示した¹¹⁾。均衡問題については、改めて述べる。

パレート分布

経済学からの「パレート最適」の名前を消すことはできない。貴族出身のパレート Pareto, Vifredo (1848-1923) は実業に携わったのち40歳を過ぎて経済学を始めた。しかし、「パレート分布」も大変有名であり、ことにマンデルブローによってパレート-レヴィ (Pareto-Levy) 分布として1960年代以降入念に調べられることになった。私はこの問題の専門家ではないが、これから経済理論の方法を考え直そうとするとき、良い例題となるかもしれない。パレート分布について新しい確率的な見方を導入したのはまずチャンパーナウン Chatternowne [1953] である。彼はパレート分布について、最初にエルゴード性を利用して初期分布から独立に安定的分布を生み出すこと、状態の遷移確率にのみ依存することを見出した。チャンパーナウンの貢献をいち早く評価した経済学者の一人はシュタインドル Steindl, J. である。彼はこのような確率過程の利用の新しい意義をつぎの点に見出した。

「集団のなかの秩序は、個々の活動のカオス的確率的な特徴というまさにその事実によって、個々のカオスから生み出される。」(Steindl [1965], p. 17)

もちろん、ここでいうカオスは混沌の意味であり、近年展開されたカオス理論の意味ではない。しかし、シュタインドルはこのとき、複雑さと秩序形成のひとつの分析法を先取りして述べている。種の遺伝的特性が安定的に分布するのは確率的交配のお陰である。大気の拡散、身体温度の拡散は多くの小分子の確率的衝突によって生じる。これらの現象と同様に、つぎの経済現象を捉える

11) この箇所の記述は Blasko [1987] による。

ことができよう。

「食料品店はりんごを売るが目方は偶然的に各々の袋には多すぎたり少なすぎたりするならば、1年間に売られるりんごの袋の総数の目方の過不足の見込みは正規分布する。」(Ibid)

もちろん、単に経済過程が確率過程であるというだけでは、それだけでは経済理論にはならない。これは次節で詳しく述べる。またすでに述べたように、市場を囲む制度の多様性を無視している。しかし、集団のなかの「異質性」に着目することにより、新たな理論を形成できる。異質性があるからこそ、りんご販売の市場の安定があると考えられるということを強調しておく。従来の経済理論では「目方の過不足」のような問題は主たる問題関心とはならない¹²⁾。個人の合理性が市場需要法則を決定するという観点を崩さない場合、過不足を調べるコストの概念とある価格でりんごを購入する便益の比較によって、つまり、費用-便益分析によって処理することになる¹³⁾。

確率過程を中心に据える議論のなかで、経済学のパレート分布を例題として、たしかに、1960年代に複雑系のパターン形成に着目する試みがあった。これらの試みを少々まとめておこう。「パレート法則」は1897年パレート自身によって述べられたもので、所得 y 以上の所得者の数を $N(y)$ とすると、「ベキ分布」

$$N(y) = \beta y^{-\alpha}$$

で表される。今日、所得のある下限値を上回る所得にかんして成り立つ「限定

12) 1980年代に合理的期待形成というのが一時的に興隆をみた。これは理想状態での「全知全能」論で、実際、われわれは理想状態に中心極限定理で近づける。こうした考え方はこれまでの経済学の思考全体に深くこびりついたものである。グリックは経済学をこう皮肉った。「今日の経済学は、能率的市場論にもっぱら頼りきっているもののようだ。すなわち、知識は一つの所から他の所へと、自由自在に流通するものであり、重要な判断を下す者たちはみな、だいたい同じ情報の集大成を利用できるものと考えられているのである。」Gleck [1987] (邦訳311ページ)。本稿第1節におけるルエールからの引用で、経済学の「完全予見」は経済学者の思考の完全予見にも当てはまる。

13) 費用・便益分析の包括的な検討は Frank [1997] が大変卓抜している。

条件」のもとで広く受け入れられている法則であるが、パレートの時代には所得の下層まで統計が及ばなかったので限定条件は問題とならなかった。通常、全階層の所得分布は対数正規分布となると考えられている。

パレート分布の分散は有限値であった。マンデルブロー Manderbrot [1960] は分散が無限大である場合のパレート分布に関心をもった。詳しくいえば、有限の平均、無限大の分散、右側に最大歪度のある分布がパレート-レヴィ分布である。そこで、観察される所得分布の上方の裾部分は、用いられる所得の定義にかかわらずパレート法則になる傾向をもつことを発見した。稼得単位の総所得は種々の源泉の所得を加算しても獲得できる。支出単位の所得もやはり種々の源泉の所得を合計しても獲得できる。つまり、これらの合計はみなそれらの構成部分と同じ型の分布をもつので、安定的分布のクラスに入る (Cramer [1971], p. 59)。これは今日では「フラクタル」として有名になった性質である。こうして、パレート分布がベキ分布であるのと同様、フラクタル分布もベキ分布である。なぜ上位の所得者層にかんしてフラクタル分布が成立するかにかんしては、高安のうまい説明がある。

「分布がフラクタル的であるのは、この高所得者たちの分布である。給与所得者の場合にはいくら頑張っている人でも収入にはおのずと上限があるが、上位1%の高所得者には収入の上限はなく、投資がうまくいけば年収が倍倍で増えていくこともありうる。また資本が小さい人でも大きい人でも得をすれば投資するし、損をすれば控える。つまり、投資に使う額の単位が異なっても同じような投資の仕方をするので、フラクタル的な性質が生じるのである。」(高安・高安 [1988] 90-91ページ)。

この種の意味付けは高安たちが組織する「経済物理学 *econophysics*」の研究の出发点となったが、このような観点は新たな経済理論構築の可能性を秘めたものである。フラクタルの場合、マクロ的記述の基となる原理とミクロ的原理が一致しているので、これらの乖離をあまり気にする必要がない。これまで、

経済学は理論のレベルで投資額の大小を巨視的に考慮するようなモデルが全面に出てくることはない。経済理論ではこれまで、富の大きさの違いが与える効果の測定ということは問題になったが、これは期待効用理論などでミクロ的な合理的行動原理に基づいて、絶対的危険回避度、相対的危険回避度などの尺度で提案されてきた。飽くまでも経済理論は個人の合理性に執着して与えられるべきであった。

戦後、経済モデルへの確率過程導入の試みは、詳しい解説を省略するが、Chanpernowne [1953] のほか Simon [1955], Simon and Bonini [1958], Steindl [1965] などによってなされ、それらがマンデルブローたちに引継がれ新たな展開へ至る。しかし、経済学全体の流れからすれば、これらは *ad hoc* な理論にすぎなかった。問題意識は同一であったが、フラクタルやカオスのような概念はまだ普及していなかったため、定型的な理論構築が定着しなかったのはやむをえない。なお、フラクタル分布は分散が無限大であったが、経済モデルを扱う場合、これにこだわる必要はない。経済例題も自然界と同様フラクタル構造がつねに織り込まれているわけではない。分散には種々のケースがあってよい。以下では、市場需要法則を統計的平均概念から導出する試みを紹介する。

IV 市場需要の集計問題

市場には証券市場、商品取引市場などの投機目的の市場があるが、経済理論が扱うのはまず現物取引の財市場である。店先での価格交渉もないではないが、通常の消費財購入は、定価にたいして、定型的な消費があるにすぎない。この事実を観察することは簡単であるが、この消費慣行と需要法則（価格が上がれば需要が下がる）の間の理論を見出すのは容易でなかった。しかし、経済学の方法論問題に決着をつけるためには、とくに「家計需要 *household demand*」にかんする需要法則そのものを否定するのではなく別の原理で導出して示すほかない。これが本稿の最終的テーマである。このアイディアは全面的にヒルデ

ンブランド Hildenbrand [1994] の研究に依存している。

私たちは、伝統的に個人的合理性の立場から需要法則を理論づける誇るべき価格理論の体系をもっている。この理論は主としてパレートおよびスルツキー Slutsky, E. によって19世紀末から20世紀初頭にかけてほぼ完成され、のちにヒックス Hicks, J. R., アレン Allen, R. G. D., サミュエルソン Samuelson, P. A. などによって彫琢された。ここに20世紀に先駆けて「近代経済学」が他の社会科学と峻別されるべき分野となった理由がある。ところが、価格理論を講義するとき、正常な「需要法則」を個人合理性から証明するためには避けて通れない不連続点がある。所得効果により需要法則は不確定となるからである。究極的には、価格体系 p が市場から与えられ、所得 x^i を有する個人 i の需要関数 $f^i(p, x^i)$ を「効用最大化問題」

$$f^i(p, x^i) := \arg \max_{z \in X^i} u^i(z)$$

の解として求めても、「需要法則」を導くために、これまでの個人合理性の仮定をかなり制限しなければならない。「顕示性選好の公理」はこのジャンプを一部制限的にであるが正当化するように見えたが、最近、この公理は効用関数をかなり制限していることがわかってきた¹⁴⁾。この意味で、もはや「家計需要をモデル化するのに効用最大化仮説を全面的に受入れることは支持されにくい」事情がある (Hildenbrand [1994], p. 18)。効用最大化理論にたいしてはいろいろな観点からの批判が可能である。しかし、ここで問題とするのは外堀からの超越的批判ではなくきわめて技術的な問題である。「個人の合理性の限界」や「費用 - 便益分析の問題点」はここでは問わない¹⁵⁾。

14) "I had the naive illusion that microeconomic foundation of the general equilibrium model, which I admired so much, does not only allow us to prove that the model and the concept of equilibrium are logically consistent, but also allow us to show that the equilibrium is well determined." Hildenbrand [1994] p. ix.

15) これらの問題を検討するとき、Frank [1997] は大変有益である。なお、合理性が社会全体で法則として成り立つと述べたとき、合理性を担う主体の摩り替えも時々なされた。古典的なのは線形計画法 LP を利用して経済学の諸原理を説明する例題である。LP では個々の主体の活動は制約式としてしか表せない。そこで「個人の合理性」の方の説明はやめて、目的関数を遂行する主体を匿名としてこれを「市場」あるいは「見えざる手」と呼んだりした。このような言い換

選好関係の議論は内生的選好の議論であり、外部環境から選好が影響を受けることはないということを出発点としている。価格や所得の変化は、決して無差別曲線を変動させない。私たちは、まず「二項選好関係」という範囲に選好の定義域を特定化する。多くの場合、一般に選好関係が合理的とみなされる条件

反射性、推移性、完備性

のほかに、連続性と単調性を満たせば、効用関数が存在する。選好の凸性は効用関数存在にとってはさしあたり必要ではない。単調性は「大きいことは良いことだ」という原理で欲望の飽和点がないことである。連続性はアルコール中毒者のような他の要素を無視する性質で、アルコールの量だけに反応するようなマニャックな選好を除外する。しかし、単調性にしても連続性のような性質が、一人一人の個人が厳密に満たすのではなく、平均して満たされればよいという発想は当然生まれてくるだろう。ただし、これは個人の選好の性質の「平均化の話」である¹⁶⁾。

この平均的性質はさて置くとして、個人 i の需要関数は「スルツキー方程式」としてつぎのように表現することができる。

$$\partial f_i^j(p, x') / \partial p_k = \partial h_i^j(p, x') / \partial p_k - \partial f_i^j(p, x') / \partial x^i \cdot f_k^i(p, x')$$

スルツキー代替効果 s 所得効果

ここで、価格 p が微小変化して価格 q になったとき元の需要 $f(p, x(p))$ を購入できる所得

$$x(q) = x(p) - (p - q)f(p, x(p))$$

を補償所得と呼ぶ。この所得のもとで、 h は補償需要関数¹⁷⁾

へえは経済学ではめずらしいことではない。

16) ほかに、「選好の凸性」について「平均化」を適用することも可能である。ワインのような製品差別化の激しい財にたいしては直接的には「選好の凸性」をいうことはできない。この場合、たとえば1週間の赤ワインと白ワインを「平均的」に購入するという「時間平均」を導入する。Hildenbrand and Kirman [1988] および有賀 [1996]、53ページを参照せよ。

17) 補償需要（ヒックスの需要） h は、効用関数の立場からは、

$$h^i(p, x') := \arg \min_{x \in X} p \cdot x$$

で導出される。

$$h(q, x(q)): q \rightarrow f(q, x(q))$$

で、 $q=p$ で微分したものがヤコビアンマトリックス $[\partial h_j^i(p, x')/\partial p_k]$ である¹⁸⁾。効用関数または無差別曲線が正常的であるかぎり、スルツキー代替効果項 s は、つねに、価格が上昇すれば、需要は減少する。しかし、所得効果の大きさがわからないので、価格が上昇すれば需要が減少するという「需要法則」を確定することができない。

粗代替性の仮定

所得効果の大きさが不確定であることから、需要法則を確定するために、「粗代替性の仮定」を導入する慣行が採られてきた。つまり、つねに、

$$\text{スルツキー代替効果} \geq \text{所得効果}$$

が成り立つことを先験的に仮定する必要がある。この仮定は、効用関数の諸仮定から導かれたものでない。これにより効用関数から需要関数を内生的に導くことが放棄された。さらにこの仮定を正当化するために、以下に見るように、効用関数はかなり制限されなければならない。

所得効果を含む価格変動の推定

さて、スルツキー方程式にかんして、微小価格変動を推定すれば、

スルツキー分解

$$\Delta p \cdot \Delta f^i = \Delta p \cdot \left[\sum_{k=1}^l \partial f_j^i(p, x') / \partial p_k \Delta p_k \right]$$

18) $[\partial f_j^i / \partial p_k]$ は (j, k) 要素を $\partial f_j^i / \partial p_k$ とする階数 $l(j, k=1, \dots, l)$ の行列を略記したものである。
 $j, k=1, 2$ のケースで具体的に示せば、

$$[\partial f_j^i / \partial p_k] = \begin{bmatrix} \partial f_1^i / \partial p_1 & \partial f_1^i / \partial p_2 \\ \partial f_2^i / \partial p_1 & \partial f_2^i / \partial p_2 \end{bmatrix}$$

である。その他、

$$p = (p_1, p_2), p' = \begin{bmatrix} p_1 \\ p_2 \end{bmatrix}, f = [f_1] = \begin{bmatrix} f_1 \\ f_2 \end{bmatrix}, \partial f / \partial x = [\partial f_j / \partial x] = \begin{bmatrix} \partial f_1 / \partial x \\ \partial f_2 / \partial x \end{bmatrix}$$

の簡略化を使用している。

$$= \Delta p \cdot [\partial h_i(p, x^i) / \partial p_i] \Delta p^i - \Delta p [\partial f_j(p, x^i) / \partial x^i] \cdot \Delta p [f_j(p, x^i)]$$

第1項

第2項

を得る。第2項は、 $\partial f_j(p, x^i) / \partial x^i$ は各財 j の個人 i の限界消費性向、 f_j は各財 j の個人 i の需要。両者が等しくないかぎり、

$$\Delta p [\partial f_j(p, x^i) / \partial x^i] \cdot \Delta p [f_j(p, x^i)] < 0$$

を満たす微小な変動 Δp をつねに見出すことができる。第2項の係数符号はマイナスであるから、この部分は正と評価される。第1項が十分大きな負値でなければつねに $\Delta p \cdot \Delta f^i$ 全体で負値が保証されない。

「顕示選好の公理」だけでは第1項を十分大きな負の値にすることができない。顕示選好の公理は第1項が非正のスルツキー代替項 s をもつこと、つまり、第1項のヤコビアンマトリックス（対称行列）部分の固有値が負の半定符号であることを保証する。つまり、

負の半定符号 \Leftrightarrow 顕示選好の弱公理¹⁹⁾

である。

効用最大化仮定 \Rightarrow 顕示選好の弱公理

しかし、逆は成立しない。「顕示選好の公理」ではこの公理を満たさない需要関数が存在する。しかし、顕示選好の公理ははもとと「ワルトの公理」

$$p \cdot f(p') \leq p' \cdot f(p') \Rightarrow p' \cdot f(p) \geq p \cdot f(p)$$

を特殊化したものである。「ワルトの公理」は

$$(p - p') \cdot f(p') \leq 0 \Rightarrow (p - p') \cdot f(p) \leq 0$$

に変形できる。したがって、これは「需要法則」

$$(p - p') \cdot (f(p) - f(p')) < 0$$

より弱い形になっている。ワルトの公理は、はじめから、効用最大化の仮定をあらかじめ基礎として提案されたものでないので、効用最大化仮説をかならずしも必要としない。

19) ある価格ベクトル p の下で $p \cdot f(p, x) \geq p' \cdot f(p', x) \Rightarrow$ 別の価格 p' の下で $p' \cdot f(p, x) > p' \cdot f(p', x)$

非正のスルツキー代替項は、第1項だけで全体 $\Delta p \cdot \Delta f^i$ を負にするのに十分でない。「顕示選好の公理」の下で、各個人の効用関数でつぎの条件が成り立つならばスルツキー項 s が十分大きな負となり需要関数が単調になる。

条件 Mitjuschin and Polterovich [1978], Appendix 4 of Hildenbrand [1994]

$$-z \cdot [\sum_{j=1}^I \partial^2 u^j(z) / \partial z_j^2 \cdot z_j] / z \cdot [\partial u^i(z) / \partial z_j] < 4$$

一般的な定義域から効用関数を確定して、効用関数から需要関数を導出する立場は、需要法則と *compatible* となるために、かえって効用関数を制限せざるをえない。

代替的方法の提案

需要法則あるいはワルトの公理を効用関数の枠組とは異なる代替的方法で求めるというのが、ヒルデンプラントたちの試みである。彼にしたがえば、これまでの論述をまとめればつぎのようになる。

- 1) 「個人の需要関数（個人の選好）の条件でもっぱら表現される諸仮定でワルトの公理〔需要法則〕を導出できると主張する——これを *microscopic microeconomic approach* と呼ぶ——ならば、結果の導出を獲得するのに非常に制限的な諸仮定が必要になる。」²⁰⁾
- 2) 「代替的な接近は、家計母集団全体について、たとえば、家計の需要関数の分布について仮定を形成すること——これを *macroscopic microeconomic approach* と呼ぶ——である。家計需要関数が全く同じではないならば、家計母集団の *heterogeneity* についてある一定の形が必要になる。」(Hildenbrand [1994] p. 74)。

ヒルデンプラントの手法は、「家計母集団の異質性」についてある仮説を導

20) 上記に効用関数の制限を述べた。ほかの例として個人需要関数が所得にかんして線形 $f^i(p, x^i) = x^i f^i(p, 1)$ であれば、成り立つ。

入することである。以下、結論のみを概観しよう。家計の母集団を I とする。家計は所得 x ごとに分類し、所得 x^i の家計を「 x^i 家計」と呼ぶ。 x^i 家計は種々の需要ベクトル

$$\{f^i(p, x^i)\}_{i \in I}$$

をもつので、「群雲 cloud」と呼ぶ。各家計 i の需要は $f^i(p, x^i)$ で表される。市場需要関数 $F(p)$ は家計需要の総和 $\sum_{i \in I} f^i(p, x^i)$ を家計の総数 $\#I$ で除した平均値で表す。

$$F(p) = \sum_{i \in I} [f^i(p, x^i)] / \#I$$

$$S(p) = \sum_{i \in I} [\partial h^i(p, x^i) / \partial p_k] / \#I$$

$$A(p) = \sum_{i \in I} [\partial f^i(p, x^i) / \partial x^i \cdot f_k^i(p, x^i)] / \#I$$

先ほどの「スルツキー分解」から、市場需要関数のヤコビアンマトリックスは

$$\partial F(p) / \partial p = S(p) - A(p)$$

で表すことができる。平均的に「需要法則」が成り立つためには、 $\partial F(p) / \partial p < 0$ を得なければならない。そのために、以下の仮説を与える。

仮説 1. 平均スルツキー代替効果行列 $S(p)$ は負の半定符号である。

仮説 1 にかんしては、経験的検証をさしあたりしない。そのかわり、*generic function* を定義して、仮説 1 と *compatible* な諸仮定を定義する。Hildenbrand [1994] の第 2 章を見よ。

仮説 2. 平均所得効果行列 $A(p)$ は正の半定符号である。

ここで家計需要の各群雲にかんして、2 次のモーメントを定義して *spread* [ひろがり] を計算する。 $m^2\{y^i\}_{i \in I} > m^2\{z^i\}_{i \in I}$ であるならば、群雲 $\{y^i\}_{i \in I}$ は群雲 $\{z^i\}_{i \in I}$ よりも *more spread* である。このとき、仮説 2 はつぎの仮説 3 と同値であることがわかる。

仮説 3. [家計需要のひろがり増加の仮定]. どの十分小さな $\Delta > 0$ にたいしても、群雲 $\{f^i(p, x^i + \Delta)\}_{i \in I}$ は群雲 $\{f^i(p, x^i)\}_{i \in I}$ よりも *more spread* である。

他に、群雲に *dispersion* [ばらつき] を定義して、平均ばらつき増加の仮説が仮説2と同値であることを示すことができる。

1 財モデルでの説明

ヒルデンプラントの議論の見通しをよくするためには、1 財のケースで論じておくのがよい。Lewbel [1994] は上記の筋道を巧みに1 財モデルで説明している²¹⁾。1 財需要のみに限定する場合、「スルツキー方程式」つまり個人需要曲線の傾きは、

$$\begin{aligned}\partial f / \partial p &= \{\partial f / \partial p + \partial f / \partial x \cdot f\} - \{\partial f / \partial x \cdot f\} \\ &= s - \{(1/2)(\partial f^2 / \partial x)\}'\end{aligned}$$

と書き換えることができる。個人間の平均化を演算子 E で表せば、

$$\begin{aligned}\partial E(f) / \partial p &= E(s) - (1/2)E(\partial f^2 / \partial x) \\ &= E(s) - (1/2)E[R'(x)]\end{aligned}$$

となる。

1) 仮説1は $E(s) < 0$ と書ける。

2) $R(x) = E(f^2)$ であるので²²⁾、 $R(x)$ は所得水準 x の個人にかんするあらゆる需要 f の自乗の平均値 $E(f^2)$ である。

$$R(x) = (E(f^2) - (E(f))^2) + (E(f))^2 = E(f^2)$$

分散 f の平方平均

ここで $(E(f))^2$ はヒルデンプラントの記号でいえば、2 次のモーメント $m^2(f)$ である。これより $R(x)$ の値が大きければ、需要が大きいことと同じ所得水準をもつ個人間で需要の異質性または需要の多様性が大きいことの双方を意味する。よって、 $R(x)$ が需要の *spread* を測定する。一般に、 ρ を所得分布の密度関数とすれば、

21) Lewbel [1994] の Appendix。Lewbel [1994] は Hildenbrand [1994] の書評である。書評自体は、ミクロ的な行動仮説を擁護するあまり、ヒルデンプラントの方法論の革新を見落としており、的外れな論評となっている。

22) $R'(x) = \partial R(x) / \partial x = \partial f^2 / \partial x$ より、 $R(x) = E(f^2)$ である。

$$E[R'(x)] = \int R'(x)\rho(x)dx = \int E(\partial f^2/\partial x | x)\rho(x)dx$$

が成り立つ。 $E[R'(x)]$ は需要のランクと所得分布の形状に依存することになり、この研究は経験的分析を必要とする問題である。

転喻

ところで、 $R'(x) > 0$ は、経常的に所得 x をもつ人々が所得 $x+\varepsilon$ になったとき、需要のひろがりが大きくなったことを示す。しかし、実際にあるデータは、経常的に所得 x をもつ人々の $R(x)$ と経常的に所得 $x+\varepsilon$ をもつ人々の間の $R(x+\varepsilon)$ である。 $R'(x)$ を差 $R(x+\varepsilon) - R(x)$ で転用してもよいと仮定した。これをヒルデブラントは「転喻 *metonymy*」と呼んだ。これはヒルデブラントの記号で書けば、

$$m^2\{f^i(p, x^i + \Delta)\}_{i \in I}(x) = m^2\{f^i(p, x^i)\}_{i \in I(x+\Delta)}$$

である。しかし、この転喻はつぎのような例題では成り立たない。いま家計は男性だけからなるか女性だけからなるかのいずれかとしよう。男性はすべて同じ需要関数 f^{δ} をもち、女性はすべて同じ需要関数 f^{η} をもつとする。 $\pi(x)$ を所得 x の家計で男性の比率として、たとえば、 $\pi'(x) > 0$ とする。このとき、男性家計と女性家計の需要のひろがりには差があるかぎり、

$$\int (f^{\eta 2} - f^{\delta 2}) \pi'(x) \rho(x) dx$$

はほぼゼロとみなすことができない。この「値の大きさは商品集計の程度に大いに依存する。」(Hildenbrand [1994] p. 26)。なお、家計を男性と女性に分類することにより、転喻の母集団は二つの小母集団に再分類したことになり、転喻が否定されることにはならない。

以上、詳しい技術的展開を一切省いたが、ヒルデブラントにしたがって、「巨視的ミクロ経済理論の可能性」を示した。これまでの伝統的理論の根幹であった家計にかんする需要法則の定式化が定まれば、企業分布などの理論とともに、新しい方法論のもとに経済学の体系化が可能であり、「巨視的ミクロ経済学 *Macroscopic Microeconomics*」を確立するのも夢ではないであらう。

う²³⁾。

参考文献

- 合原一幸編 [1994] 『応用カオス』サイエンス社。
- Albin, P. S. [1998] *Barriers and Bounds to Rationality: Essays on Economic Complexity and Dynamics in Interactive Systems*, Princeton: Princeton U. P.
- Anderson, P. W., Arrow, K. J., and D. Pines [1988] *The Economy as an Evolving Complex Systems* (in SANTA FE), Redwood, CA, Addison-Wesley.
- 青木昌彦・奥野正寛編 [1996] 『経済システムの比較制度分析』東京大学出版会。
- Arthur, W. B., Durlauf, S. N., and D. A. Lane [1997] *The Economy as an Evolving Complex Systems II* (in SANTA FE), Redwood, CA, Addison-Wesley.
- 有賀裕二 [1996] 『ミクロ経済学入門』新世社。
- [1998] 「進化ゲームの評価」(進化経済学会編『進化経済学とは何か』有斐閣), 第9章。
- Blasko, Y. [1987] "Catastrophe Theory," *The New Palgrave: A Dictionary of Economics*, Macmillan-Maruzen, pp. 378-379.
- Charnpernowne, D. G. [1953] "A Model of Income Distribution," *Economic Journal*, 63, pp. 318-351.
- Cramer, J. S. [1971] *Empirical Econometrics*, Amsterdam, North-Holland.
- Elster, J. [1989] *The Nuts and Bolts for the Social Science*, New York, Cambridge U. P. (海野道郎訳『社会科学の道具箱』ハーベスト社, 1997年)。
- Evstigneev, I. V., Hildenbrand, W., and M. Jerison [1997] "Metonymy and Cross-section Demand," *Journal of Mathematical Economics*, 28, pp. 397-414.

23) ヒルデンプラントたちは *UK Family Expenditure Survey* (FES) や *French Enquête Budget de Famille* (EBF) を利用して、家計需要の各群雲の集計値から、需要の分布、分散などを推定する。分布推計はノンパラメトリック分布を仮定して行なうため、核型推定量 (kernel estimator) を用いる。Härdle [1990] を主として参考としている。ヒルデンプラントは、上記第IV節の「平均所得効果行列」を推計するとき、Rosenblatt-Parzen Kernel Density Estimator により密度関数を推定し、4次の核

$$(15/16)(1-u^2)^2 \text{ for } |u| \leq 1$$

を利用した。そしてこれらの行列の固有値を計算し、最小固有値にかんする仮説のブートストラップ検定を行なう。この検定は、Härdle, Hildenbrand, and Jerison [1991], Hildenbrand and Kneip [1993] の手順で行なわれた。本稿の著者は日本の『家計調査年報』(1996, 1997年)の所得階層18階級を用いて「平均所得効果行列」推定を行なった。なお、検証の結果の一部は1999年3月27日開催の進化経済学会第3回大会報告「ヒルデンプラント需要集計問題の日本経済における検証」(大阪市立大学学術情報総合センター)で報告された。

- Frank, R. H. [1997] *Microeconomics and Behavior*, 3rd ed., New York, MacGraw-Hill.
- Gleick, J. [1987] *Chaos: Making a New Science*, New York, Viking; New York, Penguin Books, 1988. (大貫昌子訳『カオス』新潮文庫, 1991年)。
- Grandmont, J. M. [1992] "Transformation of the Commodity Space, Behavioral Heterogeneity, and the Aggregation Problem," *Journal of Economic Theory*, 57, pp. 1-35.
- Grodal, B., and W. Hildenbrand [1992] "Cross-Section Engel Curves, Expenditure Distribution and 'the Law of Demand'," in *Aggregation, Consumption and Trade: Essays in Honor of H. S. Houthakker*, ed. by Philips, L., and L. D. Taylor, Dordrecht, Kluwer Academic Publisher.
- Härdle, W. [1990] *Applied Nonparametric Regression*, Cambridge, UK, Cambridge U. P.
- Härdle, W., Hildenbrand, W., and M. Jerison [1991] "Empirical Evidence on the Law of Demand," *Econometrica*, 59, pp. 1525-1550.
- Hildenbrand, W., and A. P. Kirman [1988] *Equilibrium Analysis*, Amsterdam, North-Holland.
- Hildenbrand, W. [1994] *Market Demand*, Princeton, Princeton U. P.
- Hildenbrand, W., and A. Kneip [1993] "Family Expenditure Data, Heteroscedasticity and the Law of Demand," *Ricerche Economiche*, 47, pp. 137-165.
- Hodgson, G. M. [1998] "How Can Evolutionary Economics Evolve?," 進化経済学会編『進化経済学論集』第2集所収。
- 金子邦彦・津田一郎 [1996] 『複雑系のカオス的シナリオ』朝倉書店。
- Lewbel, A. [1994] "An Examination of Werner Hildenbrand's Market Demand," *Journal of Economic Literature*, 32, pp. 1832-1841.
- Magnusson, L., and J. Ottosson [1997] *Evolutionary Economics and Path Dependence*, Cheltenham, Edward Elgar.
- Mandelbrot, B. [1960] "The Pareto-Lévy Law and the Distribution of Income," *International Economic Review*, 1, pp. 79-106.
- Mitjuschin, L. G., and Polterovich W. M. [1978] "Criteria for Monotonicity of Demand Functions," *Ekonomika i Matematicheskie Metody*, 14, pp. 122-128. (in Russian) (Hildenbrand [1994] の参考文献より引用)。
- 村上泰亮 [1994] 『反古典の政治経済学要綱』中央公論社。
- 根岸隆 [1980] 『ケインズ経済学のミクロ理論』日本経済新聞社。
- Nelson, R. [1996] *The Source of Economic Growth*, Mass., Harvard U. P.
- Nelson, R. [1997] "A Viewpoint of Evolutionary Economic Theory," 進化経済学会

- 編『進化経済学論集』第1集所収（進化経済学会編『進化経済学とは何か』有斐閣，第1章，1998年）。
- Nelson, R., and S. Winter [1982] *An Evolutionary Theory of Economic Change*, Cambridge, Mass., Harvard U. P.
- 西山賢一 [1985] 『企業の適応戦略』中公新書。
- Quah, J. K.-H. [1997] "The Law of Demand when Income is Price Dependent," *Econometrica*, 65, pp. 1421-1442.
- Ruelle, D. [1991] *Chance and Chaos*, Princeton, Princeton U. P.
- Sato, A.-H., and H. Takayasu [1998] "Dynamic Numerical Models of Stock Market Price: From Microscopic Determinism to Macroscopic Randomness," *Physica A*, pp. 231-251.
- 清水 博 [1992] 『生命と場所』NTT 出版。
- 塩沢由典 [1990] 『市場の秩序学—反均衡から複雑系へ—』筑摩書房。
- [1997a] 『複雑さの帰結—複雑系経済学試論—』NTT 出版。
- [1997b] 『複雑系経済学入門』生産性出版。
- Simon, H. A. [1955] "On a Class of Skew Distribution Functions," *Biometrika*, 42, pp. 425-440.
- Simon, H. A., and C. P. Bonini [1958] "The Size Distribution of Business Firms," *American Economic Review*, 48, pp. 607-617.
- 週刊ダイヤモンド編集部他 [1997a] 『複雑系の経済学』ダイヤモンド社。
- [1997b] 『複雑系の経済学 [入門と実践]』ダイヤモンド社。
- [1998] 『複雑系のマネジメント』ダイヤモンド社。
- Steindl, J. [1965] *Random Processes and the Growth of Firms: A Study of the Pareto Law*, London, Griffin.
- 高安秀樹・高安美佐子 [1988] 『フラクタルって何だろう』ダイヤモンド社。
- Takayasu, H., Sato, A.-H. and M. Takayasu [1997] "Stable Infinite Variance Fluctuations in Randomly Amplified Langevin Systems," *Physical Review Letters*, 79, pp. 966-969.
- Waldrop, M. M. [1992] *Emerging Science at the Edge of Order and Chaos*, New York, Simon & Schuster. (田中三彦・遠山峻征訳『複雑系』新潮社，1996年)。
- Witt, U. [1997] "Economics and Darwinism," 進化経済学会編『進化経済学論集』第1集所収（進化経済学会編『進化経済学とは何か』有斐閣，第2章，1998年）。
- Zhang, W.-B. [1991] *Synergetic Economics: Time and Change in Nonlinear Economics*. (有賀裕二監訳『時間と変化の経済学—シナジェティクス入門—』中央大学出版会，1994年)。